

8. Носков В.Б., Николаев Д.В., Туйкин С.А., Кожаринов В.И., Грачев В.А. Портативный импедансометр для оценки жидкостных пространств организма в условиях космического полета // Медицинская техника. 2007. № 2. С. 45-47.
9. Danilov A.A., Kramarenko V.K., Nikolaev D.V., Rudnev S.G., Salamatova V.Yu., Smirnov A.V., Vassilevski Yu.V. Sensitivity field distributions for segmental bioelectrical impedance analysis based on real human anatomy // J. Phys.: Conf. Series. 2013. Vol. 434. P. 012001.
10. Человек: медико-биологические данные / Пер. с англ. – М: Медицина, 1977. 496 с.

Виктор Борисович Носков,
д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник,
ФГБУН ГНЦ РФ – Институт
медико-биологических проблем РАН,
Дмитрий Викторович Николаев,
генеральный директор,
Александр Витальевич Смирнов,
канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник,
Салават Анасович Туйкин,
гл. инженер,
Научно-технический центр «МЕДАСС»,
Юрий Игоревич Смирнов,
ведущий инженер,
ФГБУН ГНЦ РФ – Институт
медико-биологических проблем РАН,
г. Москва,
e-mail: noskovvb@mail.ru

В.Н. Зинкин, П.М. Шешегов

Технология исследования звукопоглощающей способности материалов на основе тональной аудиометрии

Аннотация

Экспериментально показано, что исследование костной проводимости по результатам тональной аудиометрии позволяет адекватно оценить звукопоглощающую способность материалов и разработать субъективный метод измерения поглощения звука для исследования акустической эффективности средств индивидуальной защиты от шума.

Неблагоприятное действие шума на персонал продолжает оставаться актуальной проблемой на производстве и транспорте, а доля рабочих мест, не соответствующих гигиеническим нормативам по шуму, занимает первое место среди физических факторов [1]-[3]. В соответствии с требованиями по технике безопасности, на рабочих местах, где не удастся добиться снижения шума до предельно допустимых уровней, следует применять средства индивидуальной защиты (СИЗ), выбор которых рекомендуется производить в зависимости от характера спектра и уровня шума на рабочих местах. ГОСТ 12.1.029–80 в зависимости от конструктивного исполнения подразделяет СИЗ на противозумные наушники (ПШН), вкладыши, шлемы (ПШШ) и др.

Наиболее широко используются ПШН, цель которых – обеспечить надежное перекрытие воздушного пути поступления акустических колебаний в наружный слуховой проход. Акустическая эффективность ПШН оценивается упрощенным методом – с помощью микрофонов (ГОСТ Р 12.4.213–99) и субъективным методом – по результатам пороговой аудиометрии (ГОСТ Р 12.4.211–99). Наряду с указанными способами целесообразно использовать медико-биологические методы, позволяющие дать оценку эффективности СИЗ (в том числе ПШН) в производственных условиях [1], [4], [5], так как часто заявленная эффективность СИЗ не соответствует реальности [6].

Как правило, ПШН обеспечивают ослабление звука до 30...40 дБ с максимальной эффективностью в средне- и высокочастотном звуковом диапазонах. Поэтому их целесообразно использовать на рабочих местах, где уровни звука не превышают 100...110 дБА [1], [7], [8]. При уровнях шума выше 100...110 дБА необходима защита не только органа слуха, но и головы, чтобы уменьшить влияние

шума на костный путь проведения звука, что достигается путем использования ПШШ [2], [4], [9]. Это обусловлено тем, что уровень звукового давления колебаний, передаваемых костно-тканевым путем, на 20...30 дБ выше уровня звукового давления, воспринимаемого ухом воздушным путем.

В отличие от ПШН, стандартизированной методики исследования акустической эффективности ПШШ нет. Как правило, для этого измеряют уровень звука с помощью микрофона, размещенного в подшлемном пространстве, с использованием манекена головы [10], [11]. С нашей точки зрения, использование микрофона в подобных условиях носит спорный характер, поскольку в формировании звукового поля имеется много неучтенных факторов.

Отсутствие стандартных методов оценки эффективности защиты костно-тканевого пути проведения высокоинтенсивного шума к органу слуха определяет актуальность проведения подобных исследований. Наличие таковых позволит получать реальные величины поглощения звука существующими ПШШ, что необходимо учитывать при их выборе в зависимости от условий труда и использовать для выбора материалов на этапе разработки СИЗ от шума.

Цель работы: обосновать способ субъективной оценки звукопоглощения СИЗ головы при воздействии высокоинтенсивного шума с использованием прибора для проведения тональной аудиометрии.

Материал и методы исследования

Исследования выполнялись на диагностическом аудиометре AD 229 в специально оборудованном помещении. Аудиологическое исследование проводили в со-

ответствии с методикой регистрации аудиограмм [12]. В начале исследования определяли пороги восприятия звуков по воздушной и костной проводимости на частотах диапазона 250...8000 Гц. Громкость регулировалась ступенчато, с шагом в 5 дБ.

Всего в исследовании принимали участие 15 мужчин и женщин в возрасте от 19 до 32 лет. В *табл. 1* представлены показатели аудиограммы при исследовании воздушной и костной проводимости.

Из *табл. 1* следует, что состояние слуха у лиц, принимавших участие в испытаниях, соответствует физиологической норме, различий между правым и левом ухом не выявлено.

При исследовании акустических свойств материалов под костный телефон-вибратор (КТВ) помещали прокладку из исследуемого материала (или из пакета материалов) размером 5 × 7 см и вновь определяли пороги по костной проводимости в этом же диапазоне частот. Наушники при этом не снимались, воздушная маскировка не проводилась (определялась абсолютная костная проводимость). Звукопоглощение исследуемого материала (пакета материалов) оценивали в каждой октавной полосе от 250 до 8000 Гц по разности величин между исходной аудиограммой и аудиограммой, зарегистрированной с исследуемым материалом.

При стандартных акустических измерениях КТВ прижимается к области сосцевидного отростка с помощью оголовья. При проведении измерений с исследуемым материалом (пакетом материалов), обладающим упругостью, эластичностью и воздушностью, за счет прижима КТВ материал деформируется, что приводит к изменению звукопоглощения. Для исключения этого влияния при проведении исследований КТВ удерживался на сосцевидном отростке рукой оператора.

При выборе материала для исследования использовали два критерия. Первый критерий: материал по механическим свойствам должен быть подобен биологическим тканям, участвующим в проведении звука от места

прикрепления КТВ до ушной улитки (кость – сталь, пластик; кожа, кровь, вода – резина, пластилин; легкие – поролон). В *табл. 2* приведены механические свойства выбранных материалов и биологических тканей [13].

Вторым критерием выбора исследуемого материала была способность звукопоглощения материала, который потенциально мог использоваться для изготовления СИЗ.

Работа выполнялась в три этапа:

- 1) исследовали величину звукопоглощения каждого из пяти материалов;
- 2) из материалов, обладающих звукопоглощающими свойствами, составляли пакеты – комбинации из 2...4 слоев разных материалов;
- 3) исследовали величину звукопоглощения пакетов материалов.

При статистической обработке данных рассчитывали среднее арифметическое значение M , стандартную ошибку m и выполняли корреляционный анализ.

Результаты экспериментальных исследований

На первом этапе проводили исследования звукопоглощающей способности каждого из материалов, обладающих различными механическими свойствами. Результаты экспериментальных исследований приведены в *табл. 3*.

Из *табл. 3* следует, что стальная пластина и пластик практически не обладают звукопоглощением во всем исследуемом диапазоне частот, а в ряде случаев могут даже способствовать усилению звука. Резина и пластилин обладают звукопоглощающей способностью только в высокочастотном диапазоне (от 1000 до 8000 Гц). Величина поглощения звука колеблется от 3 до 10 дБ. У поролона выявлено звукопоглощение от 4 до 14 дБ во всем диапазоне частот, причем величина поглощения звука в низкочастотном (250 Гц) и среднечастотном (500 Гц) диапазонах не превышала 4 дБ, а в высокочастотном колебалась от 5 до 14 дБ и повышалась с повышением частоты.

Таблица 1

Показатели аудиограммы у испытуемых ($M \pm m$, дБ; $n = 30$)

Проводимость	Частота акустического сигнала, Гц									
	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000	8000
Воздушная	-1,0 ± 0,4	-1,8 ± 0,7	-0,2 ± 0,7	1,1 ± 0,7	3,0 ± 0,9	7,6 ± 1,2	12,8 ± 1,2	13,6 ± 0,9	11,2 ± 0,9	11,0 ± 1,0
Костная	-7,3 ± 0,8	-3,5 ± 1,2	-0,3 ± 1,0	1,5 ± 1,3	10,6 ± 1,2	12,7 ± 1,1	12,3 ± 0,9	8,3 ± 0,8	10,0 ± 1,3	8,3 ± 1,1

Таблица 2

Величина скорости звука и удельной плотности материалов и биологических тканей человека

Материал (биологическая среда, ткань)	Скорость звука, м/с	Удельная плотность, кг/м ³
Сталь	5000...6000	7700...7900
Пластик	2320	900...1600
Пластилин	1700	900
Резина	35...70	1100...1400
Поролон	40	25
Кость	3300	1920
Кровь	1590	1048...1066
Кожа	1610	1093...1121
Вода	1500	1000
Легкие	70	260

Таким образом, полученные данные показали наличие разницы в величине звукопоглощения каждого из пяти исследуемых материалов, которая колеблется в широком диапазоне от -5 до 14 дБ и зависит от частоты сигнала.

Одним из способов повышения звукопоглощения СИЗ является использование комбинации материалов, обладающих разной величиной поглощения звука. Поэтому на втором этапе работы использовали материалы, которые при испытании на первом этапе показали наличие у них звукопоглощающих свойств – это поролон, резина и пластилин. В табл. 4 приведены результаты исследования звукопоглощающих характеристик пакетов материалов, представляющих собой различные их комбинации.

Из табл. 4 следует, что комбинация поролона и резины не обеспечивает повышения звукопоглощения пакета по сравнению с самостоятельным использованием каждого указанного материала. Комбинация поролона и пластилина привела к повышению звукопоглощения пакета на 2...6 дБ в диапазоне частот 1000...8000 Гц. Изменение порядка расположения этих материалов в пакете по отношению к кости черепа (пластилин + поролон) давало меньшие величины поглощения звука.

Пакет «резина + пластилин» обладал более высоким, чем каждый из материалов в отдельности, звукопоглощением на частотах 1000...8000 Гц, причем его величина увеличилась от 1 до 8 дБ. Изменение порядка расположения этих материалов в пакете по отношению к кости черепа (пластилин + резина) давало меньшие величины звукопоглощения.

Следовательно, комбинация двух материалов способствовала повышению звукопоглощения: в области низких частот величина поглощения звука пакетов не превышала 2 дБ, в среднечастотном она повысилась до 5 дБ и в высокочастотном – достигла 19 дБ. Имел значение и

порядок расположения материалов в пакете: лучшие результаты были получены, когда поролон и резина контактировали с костью черепа.

Комбинация трех материалов «поролон + пластилин + резина» привела к увеличению звукопоглощения во всем диапазоне частот на 2...3 дБ по сравнению с пакетами из двух материалов. Изменение порядка расположения материалов в пакете (резина + поролон + пластилин) привело к более значимому повышению звукопоглощения практически во всем диапазоне частот на 1...7 дБ.

Итак, комбинация трех материалов (резина + поролон + пластилин) характеризуется лучшим звукопоглощением. В области низких частот величина поглощения звука не превышала 5 дБ, в среднечастотном она повысилась до 8 дБ и в высокочастотном – достигла наибольших значений 15...29 дБ.

Комбинация четырех слоев (поролон + резина + поролон + пластилин) не привела к изменению величины звукопоглощения по сравнению с пакетом из трех материалов (табл. 4).

Для исключения влияния деформации материалов за счет прижима оголовья были проведены исследования, при которых КТВ удерживался на сосцевидном отростке оператора его же рукой (табл. 5).

Из табл. 5 следует, что изменение способа фиксации КТВ незначительно (на 2 дБ) увеличило звукопоглощение при стандартном измерении на сосцевидном отростке и при использовании стальной пластины, однако такое увеличение оказалось статистически недостоверным. При проведении измерений уровень акустического сигнала, подаваемого через КТВ, повышали последовательно: от подпороговых значений до пороговых с шагом 5 дБ. Соизмеримость этих двух величин позволяет утверждать, что сила фиксации КТВ не влияет на величину звукопоглощения.

Таблица 3

Величина звукопоглощения материалов (в децибелах) при стандартной фиксации КТВ ($M \pm m$; $n = 12$)

Исследуемый материал	Среднегеометрическая частота в октавной полосе, Гц					
	250	500	1000	2000	4000	8000
Металлическая пластина, толщина 1,5 мм	0,0 ± 0,0	-5,0 ± 1,1	-4,6 ± 1,1	-4,2 ± 1,4	0,4 ± 1,1	0,8 ± 1,0
Пластик, толщина 5 мм	0,0 ± 0,0	-2,1 ± 1,5	-2,9 ± 1,0	2,9 ± 1,8	1,4 ± 0,9	5,7 ± 1,3
Резина микропористая, толщина 8 мм	0,0 ± 0,6	0,0 ± 0,9	0,0 ± 0,9	4,6 ± 1,3	8,8 ± 1,4	8,3 ± 1,4
Пластилин, толщина 15 мм	0,0 ± 0,0	0,4 ± 1,0	2,5 ± 1,0	8,8 ± 1,9	10,4 ± 1,9	10,4 ± 0,7
Поролон, толщина 15 мм	4,2 ± 1,4	4,2 ± 0,6	5,0 ± 1,1	9,2 ± 1,4	14,2 ± 1,0	12,5 ± 1,0

Примечание. Здесь и в табл. 2 величина звукопоглощения соответствует разнице между показаниями аудиограмм костной проводимости, полученных при контрольном исследовании и с использованием различных материалов.

Таблица 4

Величина звукопоглощения (в децибелах) пакетов, состоящих из нескольких материалов ($M \pm m$; $n = 12$)

Пакет материалов	Среднегеометрическая частота в октавной полосе, Гц					
	250	500	1000	2000	4000	8000
Поролон + резина	0,4 ± 1,0	0,8 ± 1,0	5,0 ± 1,1	10,8 ± 1,2	13,8 ± 1,6	14,2 ± 1,0
Поролон + пластилин	2,9 ± 0,7	5,0 ± 1,4	9,6 ± 1,3	15,0 ± 1,2	19,2 ± 1,2	15,0 ± 1,1
Резина + пластилин	-0,4 ± 0,7	-0,0 ± 1,1	7,1 ± 1,1	9,6 ± 1,1	18,3 ± 1,7	12,9 ± 1,0
Поролон + резина + пластилин	4,6 ± 1,1	7,9 ± 1,6	11,3 ± 1,4	13,3 ± 1,8	22,1 ± 0,7	17,5 ± 1,0
Резина + поролон + пластилин	5,4 ± 1,4	7,9 ± 1,4	17,1 ± 2,0	15,4 ± 1,6	29,2 ± 0,6	22,1 ± 1,0
Поролон + резина + поролон + пластилин	3,8 ± 1,3	8,3 ± 1,5	14,2 ± 1,2	17,9 ± 1,6	29,6 ± 1,3	21,3 ± 1,3

Примечание. Первым указан материал, прилегающий к кости черепа.

Устранение деформации пакета материалов привело к увеличению величины звукопоглощения во всем диапазоне частот у пластилина на 2...13 дБ, у резины – на 3...17 дБ и у поролон – на 15...26 дБ. Этот же эффект отмечен и при комбинации материалов (табл. 5): у пакетов из двух материалов наибольшие значения звукопоглощения были при комбинации «пластилин + поролон» (11...37 дБ), из трех материалов – «резина + поролон + пластилин» (15...33 дБ) и из четырех слоев – «поролон + резина + поролон + пластилин» (25...37 дБ).

Следовательно, изменение метода фиксации КТВ привело к существенному изменению величины поглощения звука во всем частотном диапазоне, что указывает на высокую чувствительность предложенного способа измерения.

Анализ полученных результатов показывает, что величина поглощения звука имеет обратную линейную корреляционную связь со скоростью звука и удельной плотностью материалов (табл. 6).

В области низких частот эта связь была малой ($r = 0,28$; $p \leq 0,05$), в области средних и высоких частот – средней ($r = 0,59...0,71$; $p \leq 0,05$). При фиксации КТВ рукой корреляционная связь увеличивалась до $r = 0,59$ ($p \leq 0,05$) в области низких частот, до $r = 0,63$ – в области средних частот и до $r = 0,74...0,83$ ($p \leq 0,05$) – в области высоких частот.

Величины коэффициентов корреляции двух исследуемых переменных (табл. 6) были схожими на всех частотах, что можно объяснить сильной прямой связью между ними ($r = 0,88$; $p \leq 0,05$).

Из этого следует, что у материалов с уменьшением скорости звука и плотности увеличивается величина звукопоглощения. При выборе материалов для СИЗ можно ориентироваться на такие механические показатели, как скорость звука или удельная плотность материала. Зву-

копоглощение материалов повышается с увеличением частоты звука, достигая максимальных значений в области высоких частот.

На корректность использования тональной аудиометрии в исследовании акустической эффективности СИЗ указывает коэффициент звукопоглощения, который также имеет обратную корреляционную связь с плотностью материала. Так, у твердых материалов с плотностью 300...400 кг/м³ коэффициент звукопоглощения равен 0,5; у полужестких материалов с плотностью 80...130 кг/м³ (минераловатные и стекловолоконные плиты) – 0,5...0,75 и у мягких материалов (минеральная вата, поролон) с плотностью до 70 кг/м³ – 0,7...0,95.

Таким образом, можно утверждать, что по результатам измерения костной проводимости с помощью КТВ можно давать объективную оценку звукопоглощения материала.

Заключение

Исследование функционального состояния органа слуха с помощью метода тональной аудиометрии нашло широкое применение в медицине. Для этого используются аудиометры, которые позволяют количественно оценивать восприятия звукового сигнала, поступающего в орган слуха воздушным и костно-тканевым путем.

Проведенные нами экспериментальные исследования показали, что аудиометр можно использовать для измерения звукопоглощающих свойств различных материалов, в том числе при создании СИЗ от шума. Это обусловлено тем, что биологические ткани и материалы имеют сходные механические и акустические свойства, в том числе и звукопроводность. Для этого была предложена усовершенствованная технология исследования костной проводимости. Исследуемый образец материала накладывался на кожу в области сосцевидного отростка, а ис-

Таблица 5

Величина звукопоглощения (в децибелах) исследуемых материалов при фиксации КТВ рукой оператора ($M \pm m$; $n = 12$)

Исследуемый материал	Среднегеометрическая частота в октавной полосе, Гц					
	250	500	1000	2000	4000	8000
Сосцевидный отросток	0,4 ± 0,4	1,3 ± 0,7	1,7 ± 0,7	2,1 ± 1,3	1,3 ± 0,7	0,0 ± 1,1
Металлическая пластинка	0,4 ± 0,4	0,8 ± 0,6	0,8 ± 1,0	1,7 ± 0,7	1,7 ± 0,7	2,1 ± 0,7
Поролон	14,6 ± 1,0	19,6 ± 1,1	22,1 ± 1,7	23,3 ± 1,8	23,8 ± 0,9	26,3 ± 1,4
Резина	3,3 ± 0,9	6,3 ± 1,4	12,9 ± 1,4	12,9 ± 1,0	15,0 ± 1,5	17,1 ± 1,1
Пластилин	1,7 ± 0,7	2,9 ± 1,1	5,0 ± 1,2	9,6 ± 1,3	11,3 ± 0,9	12,9 ± 1,0
Пластилин + поролон	11,3 ± 0,7	22,1 ± 0,7	30,8 ± 1,2	34,2 ± 1,8	32,9 ± 1,3	37,1 ± 1,9
Резина + поролон + пластилин	15,0 ± 1,1	16,3 ± 1,3	25,4 ± 1,1	31,3 ± 1,1	32,5 ± 1,0	32,9 ± 1,3
Поролон + резина + поролон + пластилин	25,0 ± 1,5	28,8 ± 1,3	34,6 ± 1,6	36,7 ± 1,7	35,0 ± 2,0	29,2 ± 1,8

Примечание. 1. Величина звукопоглощения соответствует разнице между величиной, полученной при стандартной фиксации КТВ к сосцевидному отростку с помощью оголовья и фиксацией рукой оператора.
2. Первым указан материал, прилежащий к кости черепа.

Таблица 6

Коэффициенты корреляции r между механическими параметрами материалов и величиной поглощения

Исследуемая переменная	Среднегеометрическая частота в октавной полосе, Гц					
	250	500	1000	2000	4000	8000
Скорость звука	-0,28	-0,63	-0,59	-0,62	-0,64	-0,69
Удельная плотность	-0,25	-0,62	-0,60	-0,67	-0,61	-0,71

Примечание. Полу жирным шрифтом выделены статистически значимые ($p \leq 0,05$) величины.

точник звука – КТВ – прикреплялся к нему снаружи с помощью оголовья или удерживался рукой оператора. В последнем случае минимизировали возможность деформации исследуемого материала, что могло существенно снижать величину поглощения звука. Особенно это актуально для пористых материалов с малым удельным весом.

Полученные результаты показали, что предложенное техническое решение позволяет, во-первых, использовать аудиометр для измерения величины звукопоглощения различных материалов, во-вторых, разработать методику исследования акустической эффективности СИЗ, предназначенных для защиты костных структур головы от высокоинтенсивного шума. Отсутствие методов измерения звукопоглощения материалов, предназначенных для защиты костно-тканевого пути проведения шума, не позволяет получать объективные параметры поглощения звука.

Таким образом, впервые продемонстрированы более широкие возможности использования аудиометра. На основе метода тональной аудиометрии можно разработать субъективный метод измерения звукопоглощения, необходимый для оценки эффективности существующих ПШШ и исследования акустической эффективности материалов при разработке СИЗ. Аудиометр можно рассматривать как прототип при создании нового устройства для измерения звукопоглощающей способности материалов.

Значимость работы определяется и тем, что на сегодняшний день наиболее эффективным средством для профилактики неблагоприятного действия шума на организм человека являются СИЗ от шума [1], [2], [14].

Список литературы:

1. Измеров Н.Ф., Суворов Г.А., Прокопенко Л.В. Человек и шум. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2001. 384 с.
2. Солдатов С.К., Богомолов А.В., Зинкин В.Н., Кукушкин Ю.А. Человек и авиационный шум // Безопасность жизнедеятельности. 2012. № 9 (приложение). 24 с.
3. Свидовый В.И., Зинкин В.Н., Солдатов С.К., Кукушкин Ю.А. Особенности условий труда и заболеваемости инженерно-технического состава авиации // Профилактическая и клиническая медицина. 2006. № 2. С. 46-48.
4. Зинкин В.Н., Ахметзянов И.М., Солдатов С.К., Богомолов А.В. Медико-биологическая оценка эффективности средств индивидуальной защиты от шума // Медицина труда и промышленная экология. 2011. № 4. С. 31-36.
5. Свидовый В.И., Зинкин В.Н., Ахметзянов И.М. Методы оценки эффективности средств индивидуальной защиты от шума и предложения по их совершенствованию // Профилактическая и клиническая медицина. 2012. № 1. С. 91-97.

6. Денисов Э.И., Морозова Т.В., Аденинская Е.Е., Курьеров Н.Н. Проблема реальной эффективности индивидуальной защиты и привносимый риск для здоровья работников (обзор литературы) // Медицина труда и промышленная экология. 2013. № 4. С. 18-25.
7. Зинкин В.Н., Ахметзянов И.М., Драган С.П., Богомолов А.В. Особенности сочетанного действия шума и инфразвука на организм // Безопасность жизнедеятельности. 2011. № 9. С. 2-10.
8. Зинкин В.Н., Богомолов А.В., Драган С.П. и др. Кумулятивные медико-биологические эффекты сочетанного действия шума и инфразвука // Экология и промышленность России. 2012. № 3. С. 46-49.
9. Зинкин В.Н., Ахметзянов И.М., Орихан М.М. Инфразвук как вредный производственный фактор // Безопасность жизнедеятельности. 2013. № 9. С. 2-9.
10. Кузнецов В.С., Крылов Ю.В., Каталов М.И., Курашвили В.А. Методика оценки звукопоглощающих свойств шумозащитного шлема // Авиационная медицина / <http://www.physiology.ru/nauchnye-trudy-physiology/page/9/>.
11. Драган С.П., Зинкин В.Н., Богомолов А.В., Солдатов С.К., Дроздов С.В. Акустическая эффективность средств защиты от шума // Медицинская техника. 2013. № 3. С. 34-36.
12. Исследование слуха в лечебных учреждениях Вооруженных Сил Российской Федерации. Уч. пособие ВМА. – СПб., 1999. 128 с.
13. Березовский В.А., Колотилов Н.Н. Биофизические характеристики тканей человека. – Киев: Наукова думка, 1990. 224 с.
14. Щербаков С.А., Кукушкин Ю.А., Солдатов С.К., Зинкин В.Н., Богомолов А.В. Психофизиологические аспекты совершенствования методов изучения ошибочных действий летного состава на основе концепции человеческого фактора // Проблемы безопасности полетов. 2007. № 8. С. 10-16.

Валерий Николаевич Зинкин,
д-р мед. наук, профессор,
ведущий научный сотрудник,
Научно-исследовательский испытательный центр
(авиационно-космической медицины и военной эргономики)
4 Центрального научно-исследовательского
института МО РФ,
г. Москва,
Павел Михайлович Шешегов,
канд. мед. наук, врач-отоларинголог хирургического отделения
1602 Военного клинического госпиталя МО РФ,
Астраханская область, г. Ахтубинск,
e-mail: zinkin-vn@yandex.ru

* * * * *